参考資料

History of Curtainwall

カーテンウォールの歴史と構成要素 P.210

Image Build

ファサード表現プラン P.220

ファサードのパターン別分類と商品選択ガイド P.228

カーテンウォールの基礎知識(※)

1. ビル建築の構成 P.230
2. カーテンウォールに求められるもの P.231
3. 主材料による種類 P.232
4. 支持方法・取り付け方法の種類 P.234
5. メタルカーテンウォールの材料と仕上げ P.236
6. 要求性能と設計条件の設定 P.238
7. カーテンウォールの種類と形式の選定 P.240
8. メタルカーテンウォールの面構成材設計 P.241
9. メタルカーテンウォールのファスナー部設計 P.243
10. メタルカーテンウォールの接合部設計 P.244
11. カーテンウォールの製作・施工工程 P.245

カーテンウォール試験センター

1. 試験装置の特長 P.246
2. 動風圧試験／層間変位試験 P.248
3. 暴風雨試験／日射試験 P.249
4. 系統図 P.250
5. 装置性能仕様 P.251

(※)『カーテンウォールってなんだろう2016』
(一般社団法人　カーテンウォール・防火開口部協会)
からの抜粋。

History of Curtain wall

カーテンウォールの歴史と構成要素

カーテンウォールの歴史は、19世紀後半ヨーロッパにおいて鉄骨構造が開発されたことに端を発します。その後、大型鋼材の開発と鉄骨構造の進歩、外壁のプレハブ化といった『建築の工業化』のプロセスの中で、カーテンウォールは建築外装の主流となっていきます。

当初カーテンウォールは、外壁をプレハブ化することによる経済効率性や品質の追求に大きな貢献を果たしていましたが、時代が進むにつれ、設計者の表現や時代に即した新しい機能への対応も要求されていくことになります。

ここでは、『アルミカーテンウォール』と『PCカーテンウォール』という2つの大きな流れの中から、さまざまに派生した要素を抽出しつつ、時代を彩った建築物を紹介し、カーテンウォールの歴史的流れを概観します。

右記の表は、建築物のファサードの分類のためにカーテンウォールの構成要素を抽出し、年表と対応させたものです。各要素の番号が、年表の建築物の名称に付された番号と対応しています。

素材	アルミカーテンウォール	①アルミ＋ガラス ②アルミパネル ③アルミキャスト ④耐候性鋼 ⑤ハニカムパネル ⑥ガスケット
	PCカーテンウォール	⑦プレキャストコンクリート ⑧PC＋アルミ ⑨本石打ち込み ⑩本石タイルPC打ち込み ⑪CFRC
	複合カーテンウォール	⑫石＋アルミ ⑬アルミ＋木
技術	構造	⑭ドーム ⑮トラステンション ⑯ユニタイズド ⑰インターロック
	設備・環境対応	⑱設備組み込み ⑲熱線反射ガラス ⑳等圧ジョイント ㉑ふっ素樹脂塗装 ㉒エアフローウィンドウ ㉓自然換気 ㉔インナーサッシ ㉕ダブルスキン
意匠	ファサードデザイン	㉖面一表現 ㉗SSG ㉘フレームレス ㉙ポストモダン ㉚アーティスティック

カーテンウォールの原型

クリスタルパレス（1851）

チョコレート工場（1872）

メゾン・ド・ピープル（1939）

カーテンウォールの初期代表例

リーダーズダイジェスト東京支社（1951）

東京空港郵便局（1955）

旧 東京都庁舎（1957）

1960 1965 1970

旧　東急会館 ①

ホテルニューオータニ ①

共同通信会館 ①

改装　東京駅八重洲口本館 ①

朝日生命日本橋支店 ②

経団連会館 ③

世界貿易センタービル ②

東京大林組ビル ②

蛇の目ミシン本社ビル ⑦

2・5タンデム市街電話局 ②

日本NCRビル ⑱

富士銀行本店 ⑨

日本鋼管京浜総合事務所 ④

カーテンウォールの構成要素

素材、技術、意匠といったさまざまな視点からカーテンウォールの構成要素を抽出し、時代との対応関係で紹介します。

①アルミカーテンウォール（アルミ＋ガラス）

②アルミパネル

③アルミキャスト

④耐候性鋼

⑦プレキャストコンクリート

⑨本石打ち込み

1970

丸紅ビルジング ③

NHK 放送センター ⑲

有楽町電気ビル ⑲

横須賀電気通信研究所 ④

新宿住友ビル ②

横浜天理教館 ⑱

AIUビル ⑱

東京卸売りセンタービル ⑧

最高裁判所 ⑩

ホテルニューオータニタワー ⑦

カーテンウォールの構成要素

⑲熱線反射ガラス

⑱設備組み込み

⑧PC＋アルミ

⑩本石タイルPC打ち込み

1975 1980 1985

東邦生命本社ビル

新宿野村ビル

日比谷国際ビルディング

KDDビル ②

商船三井ビル ⑳

ワールド新本社ビル ⑳

三井物産本社ビル ②

新宿センタービル ③

大林組大阪本社ビル ㉖

サンシャイン60 ⑧

伊藤忠商事東京本社ビル ⑨

⑳等圧ジョイント

㉖面一表現

1985 1990

ラッフルズ・シティ ㉗

代々木フォレストビル ㉗

OBPキャッスルタワー ㉗

ヤマトインターナショナル ㉙

キリンプラザ大阪 ㉙

ホンダ青山ビルディング ㉑

ヨドコウ第2ビル ㉑

木村屋新宿ビル ㉑

ツイン21 ㉑

カーテンウォールの構成要素

㉗SSG

㉙ポストモダン

㉑ふっ素樹脂塗装

⑪CFRC

㉒エアフロー

東京都第一本庁社 ⑨

梅田スカイビル ㉘

（株）アマダソフト工房棟 ㉘

青山製図専門学校1号館 ㉙

新宿パークタワー ⑨

東京歯科大学T.D.Cビル ⑪

横浜ランドマークタワー ⑨

不二サッシ商品開発センター ⑯

野村不動産四ツ橋ビル ⑫

日米ビル ⑫

福岡ドーム ⑭

㉘フレームレス

⑯ユニタイズド

⑭ドーム

⑫複合カーテンウォール（石＋アルミ）

1995

岩出山町立岩出山中学校 ⑥

医療法人金峰会　山崎病院 ⑥

京都駅ビル ⑳

ドームシティガスビル ⑯

フジテレビ本社ビル

大阪ドーム ⑭

大阪ワールドトレードセンタービルディング

りんくうゲートタワービル ⑤

四日市ドーム ⑭

東京国際展示場（東京ビッグサイト）

不二サッシ カーテンウォール試験センター ⑮

カーテンウォールの構成要素

- ⑥ガスケット
- ⑯ユニタイズド
- ⑭ドーム
- ⑤ハニカムパネル
- ⑮トラステンション
- ⑬複合カーテンウォール（アルミ＋木）
- ⑳等圧ジョイント
- ㉕ダブルスキン
- ⑰インターロック
- ㉔インナーサッシ
- ㉓自然換気
- ㉚アーティスティック

ハーモニースクエア ⑳

石川県庁舎 ⑳

関電ビルディング ⑳

丸の内トラストタワー ⑳

浜松町スクエア ㉓

メナード本社ビル ㉕

新宿文化クイントビル ㉓

札幌ドーム ㉚

国立国際美術館 ㉚

2005

八千代町役場 ⑬

富士市交流プラザ ⑬

渋谷デュープレックスタワー ⑰

Ｑｉｂａｌｌ（きぼーる）㉕

日本工学院専門学校12号館

福生市庁舎 ⑧

(株)オンワード樫山 仙台支店

ホテルレオパレス博多 ①

電気ビル北館 ㉓

呉市海事博物館 ㉚

仙台ファーストタワー

名古屋ビルディング ⑰

カーテンウォールの構成要素

①アルミカーテンウォール

㉕ダブルスキン

⑬複合カーテンウォール（アルミ＋木）

㉚アーティスティック

⑰インターロック

⑧PCカーテンウォール（PC＋アルミ）

㉓自然換気

御堂筋野村ビル ⑰

第一三共(株)札幌支店ビル ①

梅田阪急ビル ①

野村不動産小杉ビル N棟・S棟

上本町 YUFURA
（上本町新歌舞伎座ビル） ⑰

片柳学園蒲田キャンパス ⑰

国際医療開発センター ㉕

北洋大通りセンター ⑧

ファサード表現プラン

立面プラン

ファサード壁面の形状は、単純な平面的なものから複合化された複雑なものまで多様化しています。また、ファサードの素材そのものも多くなり、素材感と面形状の関係により存在のイメージが大きく変化します。それらのファサード、壁面形状を立面プランとして「平面」「曲面」「相関」「段差」「プリーツ」「面複合」の6つの分類により考えてみました。

構成パターン

ファサードの構成パターンは、壁面における窓の取り方や、サッシ·フレームの設定の仕方、さらに壁素材のアクセントの付け方など、そのパターン展開により表情が決定されます。ここでは大きく「横強調」「縦強調」「格子」「全面ガラス」「パターン複合」の5つの分類を試みました。

立面プラン ▶ / ▼ 構成パターン	平面 スクリーンとしての平面構成、フラットでマッシブ。	曲面 反射面における映像の歪み、陰影の階調変化による立体感、存在感の強調。
横強調 窓とスパンドレル部の積層が生む横連窓による表現。『積み重なり』のイメージが、ボリュームと安定を感じさせる。	 Model-1	 Model-6
縦強調 窓と窓の間のスパンドレル部を壁面のアクセントとして強調し、縦に伸びる建築の力強さを表現する。	 Model-2	 Model-7
格子 壁面の中に一定の間隔を置いて独立して窓を設ける手法。オーソドックスで落ち着きのある表現。	 Model-3	 Model-8
全面ガラス 壁面すべてがガラス張りというカーテンウォールならではの表現。熱線反射ガラスの使用による『映り込み』の美しさがある。	 Model-4	 Model-9
パターン複合 横強調、縦強調、格子、全面ガラスそれぞれの壁面「パターン」の複合が生む表現。	 Model-5	 Model-10

相関	段差	プリーツ	面複合
多面の構成がもたらす ダイナミックな変化。	凹凸が生み出す 変化のあるフォルム。	リズミカルな繰り返しによる 連続性の強調。	平面、曲面、相関、段差、プリーツ、 ５つの面プランの複合が生む形。
Model-11	Model-16	Model-21	Model-26
Model-12	Model-17	Model-22	Model-27
Model-13	Model-18	Model-23	Model-28
Model-14	Model-19	Model-24	Model-29
Model-15	Model-20	Model-25	Model-30

Image Build 平面

ガラスを全面に用いたフラットなファサードは、大きなスクリーンとして情景を映し込み空間に溶け込む。
一方、コンクリートやアルミパネルを用いた場合、単純な面形状がマッシブな量感をストレートに伝える。

Model-1 横強調×平面

リバージュ品川

(株)ベネッセコーポレーション東京ビル

笹塚NAビル

Model-2 縦強調×平面

ダイヤ池袋

大同生命大阪本社ビル

イオングループ本社ビル

Model-3 格子×平面

ホテルニューオオタニ幕張

品川プリンスホテル新館

横浜第２地方合同庁舎

Model-4 全面ガラス×平面

十六銀行名古屋ビル

大和生命本社ビル

ヒューマックス道玄坂ビル

Model-5 パターン複合×平面

Y·B·S南幸ビル

大手町ファーストスクエア

梅田スカイビル

曲面

曲面のファサードは、さまざまな光の階調により建物の立体感を強調する。ガラス面に映り込んだ映像は歪曲され、幻想やユーモアを含んだ景観を生み出し存在感を際だたせる。

Model-6 横強調×曲面

新横浜葉山第１ビル

ホンダ青山ビルディング

東京工科大学

Model-7 縦強調×曲面

Hopewell Center

Montparnasse Tower

Model-8 格子×曲面

金沢全日空ホテル

アクトシティ浜松（B横浜第２地方合同庁舎）

ブライトンタワーズ新浦安＆オフィス棟

Model-9 全面ガラス×曲面

レリアン本社ビル

マイカル三田 ポロロッカ

前橋センタービル

Model-10 パターン複合×平面

東京ガス幕張ビル

ジャーマン･インダストリー･センター

K2ビルディング

Image Build 相関

面と面の交差、マッスとマッスの組み合わせにより造られる立体の相関関係は、
建物に複雑な表情やアクセントを加え、力強くダイナミックな表現として存在を主張する。

Model-11 横強調×相関

代々木フォレストビル

宏泰世界大楼(HUNG-TAI CENTER BUILDING)

Fox Plaza Office Building

Model-12 縦強調×相関

Denver

AT&T Building

ベイスクエア横須賀(横須賀プリンスホテル)

Model-13 格子×相関

龍角散ビル

東京都第一本庁舎

Model-14 全面ガラス×相関

毎日放送本社ビル

ニューステージ横浜

Minneapolis

Model-15 パターン複合×相関

東京芸術劇場

横浜銀行本店

シーバンスN館

Image Build 段差

階段状の段差表現は面の連続性を強調し、個性的な表情を生み出すことができる。
縦方向の段差は古典的な階層イメージを、横方向の段差は空間の広がりと展開するイメージを生み出す。

Model-16 横強調×段差

ぺんてる本社ビル

ヨドコウ第2ビル

Wells Fargo Building

Model-17 縦強調×段差

Houston Downtown Building

駿河台大学

Portland

Model-18 格子×段差

Southeast Financial Center

Republic Bank Center

World Financial Center

Model-19 全面ガラス×段差

コリンズ72

ホロンピア館

神戸クリスタルタワー

Model-20 パターン複合×段差

神戸地方･簡易裁判所合同庁舎

新宿パークタワー

ハイアット･リージェンシーオオサカ

Image Build プリーツ

比較的小さい凹凸の繰り返しによるプリーツ表現は、ファサードに無限の連続性やミニマルな美しさを加える。
ストライプ状のパターンはタテのラインを強調し、深い陰影が効果的なアクセントとなる。

Model-21 横強調×プリーツ

全電通労働会館

Lincoln Plaza

ビーブ

Model-22 縦強調×プリーツ

東京全日空ホテル

Model-23 格子×プリーツ

LTV Center

Miami

ホテルアルファトマム ザ・タワー

Model-24 全面ガラス×プリーツ

コリンズ23(田無)

Royal Bank Plaza

木元赤坂ビル

Model-25 パターン複合×プリーツ

大門ゴールドタワービル

City Place

面複合

平面、曲面、相関、段差、プリーツ、これらの立面プランの複合化は、ファサードに多彩な表情を生み出し、個性的な表現を可能にする。

Model-26 横強調×面複合

松坂屋パークプレイス

外村テキスタイルデザインセンター

Model-27 縦強調×面複合

Abteiberg Museum

Empire State Building

Model-28 格子×面複合

(株)郷野目ストア本店

Human Center

First Interstate World Center

Model-29 全面ガラス×面複合

Hyatt Regency Dallas

Model-30 パターン複合×面複合

NEXT21

アプローズタワー

キヤノン(株)下丸子本社90A(A棟)

ファサードのパターン別分類と商品選択ガイド

ビルのファサードは、外観上の意匠および構成方法によりいくつかのタイプに分類されます。それぞれのタイプに対して、当社の商品体系を当てはめたものが以下の表で、ファサードデザインの際の商品選択ガイドとしてお使いいただけます。

①商品タイプ別検索

			フレーム型			
			タテ通し	ヨコ通し	格子模様	
			マリオンタイプ SR-GARELIA P.54 SR-GARELIA D P.72	バックマリオンタイプ NSR-KDF P.89	バックマリオンタイプ Comfort P.76 NSR-GDF P.96	連段窓タイプ NSR-UN1F P.110
②意匠別検索	全面ガラス	ホリゾンタル				
		バーチカル				
		グリッド				
	横強調					
	縦強調					
	格子					
	複合					
③構成方法別検索	ノックダウン	マリオン				
		バックマリオン				
		無目通し				
	ユニット	バックマリオン				
		インターロック				
	スパンドレル					

	フレームレス型		複合型
	ヨコ通し		タテ通し

連窓タイプ	インターロックタイプ	スリムタイプ	バックマリオンタイプ	バックマリオンタイプ	連段窓タイプ	連窓タイプ	アルミ木材複合タイプ
NSR-UN2F	SR-IL Ⅱ	NSR-SLIM	NSR-KD	NSR-GD	NSR-UN1	NSR-UN2	JANUS WALL
P.118	P.123	P.104	P.130	P.137	P.145	P.153	P.160

1.ビル建築の構成

事務所などが入っているビル建築の構成要素は大きく「支えるもの」と「仕切るもの」の二つに分けられます。

支えるもの

支えるものとは建物自体の重さや、中に入っている人間や家具などを支え、地震や台風などによる外からの力(水平力)に対しても安全に建物を保つ役割を果たすもので、躯体とか主体構造といわれるものがその役割を担っています。
そのうち柱や梁を特に骨組みといい他と区別していうことがあります。床自身の重さや人間・家具などの荷重は、まず梁で受けて柱に伝えられ、さらに基礎(杭)を経て最終的に地盤に伝えられます。
また水平力に抵抗するために柱・梁の接合部を強固にする方法の他に、耐震壁(耐力壁)を入れることがあります。この壁は建物の荷重を負担したり、外力を柱や梁に伝える役を担っているため、自由に取りはずすことはできません。

仕切るもの

仕切るものとは、内部空間の中を仕切るものと、外部空間と内部空間を仕切るものの二つに分けることができます。内部空間は、床・壁・天井によって囲まれており、それらは表裏一体となって、それぞれの用途に合わせて空間を仕切っていると見ることができます。
特に床は人間や家具などを支え、上下階を仕切る役割の他、水平力を柱・梁や耐震壁(耐力壁)に伝えるという重要な役割を持っています。
一方、外部空間との境界にある外壁や屋根は周辺の建物と一体になって外部環境デザインの要素となっていると同時に、内部にいる人間を雨・風の他、火・熱や騒音・飛来物から守り、また寒暑など外部環境の変化を和らげる働きをしています。

仕上げと下地

建物の表面部分を広い意味で仕上げといいます。仕上げは外部にあっては周辺環境に、内部にあっては空間の用途や使い勝手に、それぞれ配慮して決められるわけですが、内側にある躯体や下地を保護する役割も担っています。
下地とは躯体と仕上げの間にあって、仕上げを支え躯体に接続するものをいいますが、仕上げだけでは不足する性能(例えば断熱性)を補う充てん材も下地の一種といえます。
耐震壁(耐力壁)以外の壁を帳壁、英語ではCURTAIN WALLと言いますが、現在、カーテンウォールと言えば建物外周部にある帳壁、それも工場生産(プレハブ化)された部材を上下の床や梁に直接掛け渡して(下地などを組まずに)支えるタイプのものを指しています。

■用語説明

水平力
地震や風によって生ずる地震力や風圧力など、建築物に作用する水平方向の力。

耐震壁(耐力壁)
主体構造として鉛直力や水平力に抵抗する目的で造られた壁を耐力壁といい、特に水平力に対し効果のある壁を耐震壁という。耐震壁を配置すると、その柱や梁は水平力に対する負担が減るから、一般に断面は小さくてすむ。

工場生産(プレハブ化)
生産性向上・品質向上・現場労務削減などを目的に、あらかじめ工場で部材の加工・組み立てを行うこと。

耐圧盤
地盤からの反力に抵抗するように設けられる基礎底面のスラブ。

■仕切るものの名称

ビル建築は「支えるもの」と「仕切るもの」から成り立っています。

■力の流れ方

建物自身の床や柱、梁等を固定荷重といい、建物に入っている人間や家具等を積載荷重といいます。雪も積載荷重の一種ですが、特に積雪荷重ともいいます。これらをすべて加えた鉛直荷重は床→梁→柱→基礎→杭を通って地盤に伝えられます。

■壁の構成

骨組	下地	仕上げ
鉄骨造	ALC板	塗料 塗構法
コンクリートブロック　造	プラスターボード	布 接着剤で貼る構法
コンクリート　造	モルタル	タイル モルタルなどで貼る構法
壁体なし	下地なし	カーテンウォール 大型部品をはめ込む構法

壁は仕上げとそれを支える躯体およびその間にあって各々を接続する下地に分けることができます。どのような方法によって壁を仕上げるかは設計者の判断にゆだねられています。

2. カーテンウォールに求められるもの

カーテンウォールとはまさにカーテンのように空間を仕切るだけの、建物の構造に寄与しない取りはずし可能な壁をいいます。ブロックやれんがなどによる組積の壁や、鉄骨や木製の間柱・胴縁による壁も、耐震壁（耐力壁）でなければ、広義にはカーテンウォールの一種なのです。しかし、現在は外装材や開口部などを含む部材を、現場で組み立て取り付けるだけにまで加工済みのもの（ノックダウンknock-downという）や、工場でパネル化したものに限って、カーテンウォールと呼ぶのが一般的です。

建物の構成からいってカーテンウォールはビル建築において、デザイン的にも性能的にも極めて大きな役割を担っています。すなわち、ビル建築のように多層で、勾配のほとんどない陸屋根の建物においては、外周壁なかでもカーテンウォールによって構成されるファサードが、意匠上の大きな要素となることは自明のことです。躯体と関係なしに、自由なデザインができることは大きな利点です。また性能上もカーテンウォールは軽微な内壁を伴うだけで、外周壁としての様々な要求、耐風圧性・耐震性・水密性・気密性・遮音性・断熱性・耐火性、あるいは耐熱変形性・防露性など多岐にわたる要求に対応する必要があります。以上あげたものの他、建物外周部に位置することや単体としての大きさや使用面積の大きさからいって、工場で製作しやすいこと、現場で施工しやすいこと、そして使用時においては繰作性・清掃性に優れ、耐候性を含め総じて耐久性に富んでいること、などもカーテンウォールを考えるうえで重要なポイントです。このようにカーテンウォールには様々な条件があるため、その設計は多岐にわたる項目に留意しながら進めていく必要があります。設計にあたっては他の工事と異なり、「性能発注」によって進められることが多いようです。すなわち、設計者はデザインや使い勝手などの考え方や要求性能だけを明示し、具体的な仕様や生産・施工法は、カーテンウォールメーカーの責任と裁量に任せるという発注方式です。

■カーテンウォールの基本的な三つの性能

耐風圧性能

風は空気の流れですが、建物にぶつかった時には建物を押し、裏に回った時には、渦をつくって建物を引っ張ります。この押したり引っ張ったりする力を風圧といいます。
面積あたりどのくらいの風圧Paに耐えるかの程度で耐風圧性能を表します。

耐震性能

$R=\Delta\chi/H$

建物が地震や風で揺れる時、上階の床と下階の床とは相互に水平方向のずれ「層間変位」が生じますが、カーテンウォールの耐震性とはどれだけの層間変位にまで耐えられるか「層間変位追従性」で表します。階高Hに対するずれ△χの割合を層間変形角R（ラジアンで表します）といい、「層間変位追従性」つまりは耐震性能の程度を表します。

水密性能

台風のように風を伴った雨の時には漏水しがちです。一定の降雨量の時、どの程度の風圧まで雨水の浸入を防げるかを水密性といい、耐風圧性能と同じくPaで表します。

■用語説明

ノックダウン（knock-down）
運搬効率や現場施工性を考えて、製品をあえて部品の状態で出荷し、現場で組み立て製品化する方式。

気密性
すき間から空気が洩れる程度をいう。
1m²・1時間あたり洩れる空気の量で表示するが数値が小さいほど気密性は高い。

遮音性
内から外へ漏れる音や外から内へ侵入する音を遮る程度をいう。内外の騒音レベルの差はそれを仕切っている部材の遮音性による。

断熱性
熱が対流や伝導により移動するのを抑える程度をいう。熱貫流率（K値）の単位は、内外空気の温度差が1℃あるとき、1m²当たり1時間につき、何Wの熱が移動するかをいい、W/m²・Kで表す。

耐火性
火災時、建物内外からの火熱によって損傷・脱落しない程度をいう。想定された火災条件において何分くらいもつかによって程度を表示する。

耐熱変形性
気温変化や直射日光の有無を原因とする温度変化により伸縮する度合いをいう。色などにもよるが外周壁の温度は1年で相当異なる。

防露性
空気中に含むことのできる水蒸気の量は温度によって異なる。外周壁の断熱性が高いと、その内側の壁面温度は室内温度に近くなり、結露しにくくなる。

3. 主材料による種類

カーテンウォールとガラス

建築の外周壁は壁の部分と窓の部分によって構成されています。窓の部分の主な材料はガラスです。壁の部分には様々な材料が用いられます。室内側が壁でも、外側をガラスで構成すれば、外観上は全面がガラスのビルを作ることができます。もちろん、窓が無い外周壁もありますから、カーテンウォールには、全面がガラスのものと、壁の中に窓が設けられたものと、壁だけで構成されるものとがあることになります。

全面がガラスのものは、アルミニウムやスチールなどの金属でフレームを組んでガラスを固定するので、メタルカーテンウォールと呼ばれるものに属します。ガラスにかかる風の力を、金属のフレームの部分で受けて建築物の躯体に流すので、メタルのフレームが重要な構造部材になるわけです。初期のカーテンウォールには、腰壁の部分にガラスの代わりにスパンドレルパネルと呼ばれる板を嵌め込んだものが多く用いられました。この構成がメタルカーテンウォールの代表的な形態で、風による力の流れ方も全面ガラスのものと全く同様です。これらのスパンドレルパネルには、様々な材料のものが用いられます。窓の部分が少なく壁の面積が大きい場合には、工場で壁の中に窓を組み込んでパネルの形に作ったカーテンウォールが用いられることがあります。

カーテンウォールの主材料

窓が横に長いデザインの外壁では、腰壁の部分の面積がかなり大きくなります。このような方式やパネル方式のカーテンウォールでは壁の部分の材料として様々なものが用いられます。金属が用いられればメタルカーテンウォールとなりますし、工場でパネルとして作成したコンクリート版を用いたものはプレキャストコンクリートカーテンウォールと呼ばれます。

このように、カーテンウォールは主材料によってメタル系とプレキャストコンクリート系に分類することができますが、両者を組み合わせた複合カーテンウォールも盛んに用いられています。

■主材料のちがいによる施工の例

メタル

■用語説明

スパンドレル
外壁における上段の開口部と下段の開口部との間の部分。

プレキャストコンクリート
あらかじめ工場などで製作した鉄筋コンクリート製部材の総称。
普通コンクリート・軽量骨材コンクリートあるいは気泡コンクリートなどで作られる。種類としては、柱・梁・壁板・床板・屋根板・道路用側溝などがあり、これらを現場で組み立てて構造体を造る。「PC」または「PCa」と略称する。対する言葉として現場打ちコンクリートがある。

複合カーテンウォール
金属を用いた部材とプレキャストコンクリートを用いた部材などを複数にわたって複合・組み合わせて構成するカーテンウォール。

ガラス

PC

4. 支持方法・取り付け方法の種類

カーテンウォールの取り付け方

同じ方式のカーテンウォールでも、その支持方法、すなわち建築物の躯体への取り付け方法には様々なものがあります。デザインの狙いによって支持方法が異なることもありますが、主として、風の力や地震による力をどのように処理するかという、技術的な判断によって、支持方法は決定されています。

一般的な方立方式や階高分の高さのパネル方式では、躯体の床スラブの先端や外周部分にまわされた梁にカーテンウォールは取り付けられます。この取り付け部では、躯体側とカーテンウォール側の双方に金物が用意され、その金物どうしを固定するのが普通です。躯体側に取り付けられた金物をファスナー、カーテンウォール側に取り付けられた金物をブラケットと呼びます。

各階の床スラブにファスナーが設けられる方法では、カーテンウォールにかかる大きな風圧力を床スラブの位置まで流すことになります。方立方式はその典型で、方立にはそれに耐える柱としての強度が求められます。パネル方式の場合も床スラブの位置で躯体に固定することが多く、版としての強度で風圧力に抵抗します。

カーテンウォールの支持方法

地震が起きると建物の躯体の床は左右に揺れますが、ある階とその上の階とでは、揺れの量が異なります。この差を層間変位と呼び、カーテンウォールは、地震時にこの層間変位に対して追従する必要があります。方立方式の場合は、方立と躯体との接合部（ファスナー）は、いわゆるピン接合であり、層間変位が生じると方立は斜めになります。方立と無目で囲まれた部分は平行四辺形になり、ガラスの留め付けなどには配慮が求められますが、カーテンウォール自体の層間変位への追従の工夫は容易です。ところが、パネル方式の場合には一般にパネル自体が平行四辺形になることはできませんから、地震時の躯体の層間変位に対し、ファスナーを工夫することによって対応します。この工夫には、スライド（スウェイ）方式とロッキング方式と呼ばれる二種類の方式があります。

スパンドレル方式の場合には、スパンドレルパネルの固定は各階ごとに行われるのが普通なので、支持方法がかなり異なります。床スラブや梁の上端と梁の下端とで固定するのが一般的です。上下のスパンドレルパネルの間に取り付けられる窓は、スパンドレルパネルに取り付けられることになりますが、層間変位をその取り付け部で処理しなくてはならないので、工夫が求められます。複合カーテンウォールなどでは、より複雑な支持方法・力の流し方が考えられます。

■カーテンウォールの取り付け方法

方立方式

パネル方式

■用語説明

スラブ
鉄筋コンクリートの床版のこと。

ピン接合
部材と部材をつなぐ節点部がピンで接合されているものをいう。節点の回転は自由になるが、上下左右には動かない。力学的には軸力とせん断力は伝えるが曲げモーメントは伝えない。

ファスナー
カーテンウォールを躯体に取り付けるための金物で、部材付け金物、連結用金物、調整用金物などを組み合わせて構成する場合、躯体に近い方から1、2、3･･･次ファスナーと番号づけされて呼ばれる。

ブラケット
カーテンウォールの取り付け用ファスナーの内、工場であらかじめカーテンウォールに取り付けてくるファスナーをブラケットと呼ぶことがある。

■カーテンウォールの支持方法（層間変位追従方式）

ファスナー

■用語説明

固定（F）
部材が固定の状態で支持されている。部材端部には曲げモーメント、せん断力、軸力の三つの支持反力が生じる。

ローラー（R）
部材がローラーの状態で支持されている。支持面に直角方向のみに反力が生じ、直角方向以外は自由に滑動し回転できるもの。

ピン（P）
部材がピン接合で支持されている。
（P.234ピン接合参照）

5. メタルカーテンウォールの材料と仕上げ

メタルカーテンウォールの材料

カーテンウォールを構成している材料は個々の建物独自のデザイン、工法によりそれぞれ異なりますが、壁という特徴から構成材を分類すると大きく二つに分けることができます。一つは人々の目に触れ、周囲の景観・美観を左右するデザイン的要素の強い表面材です。表面材は屋内外両面にありますが一般的に外部表面材の方が性能的にも、デザイン的にも重要となります。他の一つはカーテンウォールに求められる各種の性能・機能を満足させるための機能材です。表面には出てきませんがこれがなくては、カーテンウォールは成立しない重要な役割を持っています。
外部表面材には、開口部を構成するガラス、および腰部スパンドレルのアルミを主とした金属パネル（デザインによりPCもあります）と、それらを支持するための方立や無目など金属製枠等で、外壁表面すべてがカーテンウォールの構成材です。内部表面材は、カーテンウォール構成材（主に開口部材）と関連他業種による内装仕上げ材とがあります。
一方、機能材には、強度的役割を持つ構造部材、カーテンウォールと躯体を接合しカーテンウォールに作用する力を建築構造体に安全に伝えるファスナー部、また良好な室内環境を作り出すための気密材、シーリング材、断熱材、その他防火用の材料等もあり、必要機能別に多岐にわたっています。

揚重されているカーテンウォールのユニット

金属材料の種類

カーテンウォールの表面に使用される主な金属材料としては、アルミニウム合金（板材、押出形材、鋳物等）、スチール（一般構造用圧延鋼材、耐候性圧延鋼材、表面処理鋼材、鋳物等）、ステンレスなどがあり、その材料の特性によりそれぞれのカーテンウォールを特色づけています。
以前のカーテンウォールは、ほとんどがスチールの折り曲げ材であり一部にステンレス鋼が使用されている程度でしたが、アルミニウムの導入以降は、カーテンウォールの材料の主流は完全にアルミニウム材へと移ってきています。

アルミニウム建材の表面処理

アルミニウム材料は元来美しい地肌と優れた耐食性を持っていますが、さらにその性能を向上させ意匠性を付加するために、各種の表面処理が施されています。以下は、当社が行っている表面処理の種類および方法です。

表面処理

陽極酸化塗装複合皮膜

複合皮膜は陽極酸化皮膜を下地として塗膜を組み合わせた仕様です。耐候性、耐食性、装飾性などに優れた性能をもつことから、アルミニウム建材として最も多く使用されています。複合皮膜の色調・意匠は、陽極酸化皮膜の無色（シルバー）や二次電解着色（ステンカラー、ブラウン、ブラックなど）の色調と、つや消しクリヤ、つや有りクリヤ塗膜または着色

■用語説明

スタナーコート
高耐候性アクリル樹脂系電着塗料を採用した、つや消しクリヤ電着塗装品。塗膜の光安定性を保つ機能と疎水性塗膜を形成することで耐候性、耐食性等を高め、複合皮膜の耐久性を大きく向上させた。

二次電解着色
アルミニウムの着色方法。陽極酸化皮膜を金属塩（ニッケル）を含む着色浴中で電解し、多孔質皮膜の微細孔に金属を析出させ着色する。

化成皮膜
金属素地表面を化学薬品の処理液中で化学反応により生成させた皮膜。化成皮膜にはクロム酸塩系化成皮膜（6価クロム系、3価クロム系、リン酸クロム系）、クロムフリー系化成皮膜などがある。

粉体塗装
粉体塗装とは、塗料中に有機溶剤や水などの溶媒を用いず塗膜形成成分のみにて配合されている粉末状塗料を使用して塗装する方法。建材では主に静電粉体塗装で処理する。VOC を削減し、環境に優しい塗料として高い評価を得ている。

塗膜などが組み合わされた構造となっています。
複合皮膜の塗膜は一般にアクリル樹脂系塗料を使用した電着塗装により処理されます。複合皮膜は、JIS H 8602（アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化塗装複合皮膜）にその種類や品質等が規定されており、「A1、A2、B、C」の４種類に区分されています。当社では、高耐候性つや消しクリヤ電着塗装品「スタナーコート」をJIS 種類「A1」に規定しています。

着色塗膜（塗装）

塗装では塗装前処理として、素地の防食及び塗膜との付着性に優れる「化成皮膜処理」や「陽極酸化皮膜処理」による素地調整が行われます。塗装は静電塗装、スプレー塗装、粉体塗装などにより、下塗・上塗塗装の処理が行われます。塗膜は加熱硬化（熱硬化型・熱可塑型）や常温乾燥により形成され、塗膜厚さは20～50μm程度となります。
塗料の種類はふっ素樹脂系、ポリウレタン樹脂系、アクリル樹脂系、ポリエステル樹脂系などがあり、耐候性、耐久性等に優れたふっ素塗装は、近年カーテンウォールに多く使用されています。色調はソリッド各色やメタリック色などがあり多彩に対応されています。
また、当社では環境に優しい製品として、素地調整に有害なクロム等を含まない「陽極酸化皮膜」、さらに有機溶剤を含まず（脱VOC）耐久性に優れる「ふっ素粉体塗料」を適合させた、「環境対応型ふっ素粉体塗装アルミニウム建材」を設定しています。

※参考耐用年数
●アクリル樹脂系、5～7年間
●ポリウレタン樹脂系、10～12年間
●ふっ素樹脂系、20年間以上

陽極酸化皮膜

陽極酸化皮膜はアルミニウム特有の表面処理であり、建材では硫酸皮膜が一般的です。耐候性、耐食性に優れ、シルバーや二次電解着色による色調が得られます。皮膜厚さや性能については、JIS H 8601（アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜）に規定されています。

■陽極酸化塗装複合皮膜の種類〈JIS H 8602:2010 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化塗装複合皮膜〉

種類	複合耐食性		耐候性 a)		参考
	複合耐食性試験 b)				
	紫外線蛍光ランプ式促進耐候性試験	キャス試験	キセノンランプ式促進耐候性試験	サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験	適用環境
	試験時間　h				
A1	240	120	4000	3000	過酷な環境で、かつ、紫外線露光量の多い地域の屋外
A2	240	120	2000	1500	過酷な環境の屋外
B	240	72	1000	750	一般的な環境の屋外
C	－	－	350	250	屋内

注記　使用環境において、“過酷な環境”とは、腐食・劣化の激しい地域で海浜及び沿岸をいい、“一般的な環境”とは、工業地域、都市地域、田園地域をいう。
海浜とは、海岸線から300m 以内の地域（飛来する海塩粒子の影響が最も激しい地域）をいう。
沿岸とは、海岸線から300m を超えて2km 以内の地域（飛来する海塩粒子の影響が比較的大きい地域。ただし、南西諸島の島は、海岸線から2km を超えても、すべてこの区分に入れる。）をいう。
工業地域とは、生産活動に伴って、大気汚染物質[硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）、降下ばいじんなど]を発生する地域をいう。
都市地域とは、商業及び生活活動に伴って大気汚染物質を発生する地域をいう。
田園地域とは、大気汚染物質の影響が少ない地域をいう。
紫外線露光量の多い地域とは、亜熱帯海洋性気候に類似した地域をいう。
（注）a）耐候性は、キセノンランプ式促進耐候性試験またはサンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験のいずれかの試験を行う。
b）複合耐食性試験は、紫外線蛍光ランプ式促進耐候性試験を行った後、キャス試験を実施する。なお、この試験は、種類C には適用しない。

陽極酸化塗装複合皮膜による方法

着色塗膜（塗装）による方法

脱脂
表面に付着した汚れを取り除く。

エッチング
水酸化ナトリウム溶液中で表面の酸化物を除去し、均一な表面状態とする。

スマット除去
エッチングの残存物を除去するとともに中和する。

陽極酸化処理
硫酸溶液中で直流電解により陽極酸化皮膜を生成する（一次電解）。

電解着色処理
金属塩溶液中で電解し、陽極酸化皮膜の細孔中に金属を析出させ着色する。

湯洗
温水中で洗浄する。

電着塗装
塗料中で直流電圧を印可し、電気泳動により塗装する。

封孔
陽極酸化皮膜の微細孔を封じる。

6. 要求性能と設計条件の設定

要求性能

建物の設計者はカーテンウォールを設計するにあたって、外壁としての性能を満足するための設計条件（要求性能）を設定しなければなりません。要求性能の決定は、建物の特性とカーテンウォールの特性を考慮して決定します。一方製作を依頼されたメーカーは、これを受けて示された性能を確保するよう、詳細設計を行います。

外壁材に要求される重要な性能として、耐風圧性能、層間変位追従性能、水密性能、気密性能、遮音性能、断熱性能があげられます。これら6つの性能に関しては、数値で示すことができるものであり、（一社）カーテンウォール・防火開口部協会による「カーテンウォール性能基準」の中でグレードが示されています。これらはカーテンウォールを設計する上で最も大きな要因になります。

このほかに重要な性能である耐久性能、耐火性能、耐熱（変形）性能などは、一概に数値では示せないので、それぞれ要求するレベルを示し、実施設計の段階でメーカーと打ち合わせをし、その仕様を決定しなければなりません。把握した要求性能を実現するために、図面と仕様でメーカーに対して示すものが設計条件ということになります。

耐久性能

耐久性能は最も重要な項目にも関わらず、値に示したり、設計に反映させることが難しいものです。カーテンウォールを構成する部材ごとの耐久性が異なるため、一概にいえませんが、表面仕上げ材やそれぞれの部材のグレードを上げれば、確実に耐久性はよくなります。ただし、シール材などは寿命を長くするのが難しい材料です。

耐火性能

耐火性能は建築基準法に基づく所定の耐火時間によって表示し、その単位は時間で示します。重要なポイントとしては、外部から上階への延焼を防ぐために層間に90cm以上の防火帯が必要になること、カーテンウォールと床版の間にすき間が生じた場合は、下階からの延焼と煙の侵入防止のために、層間ふさぎをする必要があることなどです。

耐熱性能

耐熱(変形）性能は、カーテンウォールが日射による表面温度の日較差、年較差等によって欠陥が生じないように、伸縮に追従する性能のことです。

このほかにも結露の防止、撥音、金属摩擦音などの防止、避雷対策、維持管理用ゴンドラガイドレールの組み込みなどが求められることもあります。また、高層ビルによる電波障害を少なくする工夫など周辺環境を考慮した設計条件を要求される場合もあります。

■用語説明

日較差、年較差
一日、または1年の間の最高値と最低値の差。外壁材表面温度の年較差は、条件によっては100℃近くになる。

撥音
外壁面が日射などにより急激な温度変化を受け、これに伴って金属が伸縮してずれることにより発生する音。

代表表示
構造上高い性能が得られる部分の検討は行わず、一番弱い部分の性能を評価することによってカーテンウォール全体を代表して示すこと。

面内方向
カーテンウォール面に平行な方向。

面外方向
カーテンウォール面に垂直な方向。

耐風圧性能グレード

耐風圧性能は、主要構成部材がカーテンウォールを構成する面の面外方向に有害な変形ならびに残留変形を起こさないことです。原則としてそのたわみが支点間距離の1/150以下であり、かつ20mm以下である限界の風圧力で表示します。なお、支点間距離が4.0mを越える場合のたわみは1/200以下、たわみ量に関して個別に考慮が必要な場合は特記によります。

性能グレード	1	2	3
風圧力 (N/㎡、Pa)	平成12年建設省告示第1458号による値	日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」の設計用再現期間100年を用いた値	日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」の設計用再現期間300年を用いた値

層間変位追従性能グレード

層間変位追従性能は、建物の層間変位によってカーテンウォールの面内方向に生じる変位に、カーテンウォールが追従できる限界を層間変形角（ラジアン）で表示し、ほとんど補修の必要なしに継続使用に耐える限界として、1/300を設定しています。

性能グレード	1	2	3	4
層間変形角(ラジアン)	1/200	1/150	1/120	1/100

水密性能グレード

水密性能は、FIX部（固定窓部）と可動部それぞれが室内側に漏水を起こさないこと。性能値は、漏水を起こさない限界の上限圧力差で表示し、性能グレードは下記の区分とします。FIX部グレード4、5の上限圧力差を算定に用いる風圧力(P)は、「耐風圧性能グレード」による値とします。

性能グレード	1	2	3	4	5
FIX部(圧力差Pa)	975未満	975	1500	P×0.5かつ 最低値1500	P×0.5かつ 最低値2250
可動部(圧力差Pa)	525未満	525	750	1000	1500

P:耐風圧性能に用いた最大正圧値(Pa)

遮音性能グレード

遮音性能は、開口部(ガラスのFIX部および可動部とし、腰スパンドレル部・パネル部等を除く。)の遮音性能で代表表示したものです。
なお、表示の基準はJIS A 4706（サッシ）に規定されている遮音等級線で評価したものによります。

性能グレード	1	2	3	4
等級 (等級線)	JIS等級T-1 (T-1等級線)	JIS等級T-2 (T-2等級線)	JIS等級T-3 (T-3等級線)	JIS等級T-4 (T-4等級線)

断熱性能グレード

断熱性能は、開口部(ガラスのFIX部および可動部とし、腰スパンドレル部・パネル部等を除く。)の断熱性能で代表表示したものです。

性能グレード	1	2	3	4	5
等級 (熱貫流率 W/(㎡・K))	JIS等級H-1 (4.65以下)	JIS等級H-2 (4.07以下)	JIS等級H-3 (3.49以下)	JIS等級H-4 (2.91以下)	JIS等級H-5 (2.33以下)

気密性能グレード

気密性能は、カーテンウォールに組み込まれた可動部（サッシ部）の気密性能を右図に示す気密等級線により評価し代表表示したものです。

性能グレード	1	2	3
等級 (等級線)	JIS等級A-3 (A-3等級線)	JIS等級A-4 (A-4等級線)	0.5等級 (0.5等級線)

■気密等級線

等級線は、次の通りとします。
$q=\alpha(\triangle P\times10^{-1})^{1/n}$
q　:通気量(m³/h・m²)
α　:0.5, 2, 8(m³/h・m²)
△P :測定に用いた圧力差(10,30,50,100Pa)
n　:指数 n=1

この気密等級線はJIS A 4706（サッシ）に規定する等級線からA-1、A-2等級線を除き、0.5等級線を加えたものです。

7. カーテンウォールの種類と形式の選定

カーテンウォールの種類

カーテンウォールの種類を選定するのには、メタルカーテンウォールかPCカーテンウォールか、場合によってはそれらを合わせた複合カーテンウォールの３種類の中から選定することになります。これらは建物のデザインとカーテンウォールの形式、仕上げ材等によりある程度必然的に確定してしまいますが、形状や仕上げなど物としての差の他に、メタルとPCにはいくつかの違いがあります。

決定的に異なるのはその重さです。すなわちメタルは軽くPCは重いという点です。これは建物の構造設計に関わるため、初期の段階で決定する必要があります。そして、PCのほうが取り付け条件が厳しいため、鉄骨の発注前にパネルの割付けを行う必要があります。

また、仕事の進め方も異なります。つまり、メタルカーテンウォールとPCカーテンウォールとではメーカーが別々なので詳細設計を行う主体が異なってくるのです。

設計に際しては、デザインや価格以外にPCカーテンウォールの場合には、打ち込み仕上げ材の製作期間も見込まなければなりません。

仕上げの決定

建物のデザインに最も密接に関わるのがカーテンウォールの仕上げの検討です。仕上げ材の種類は金属 / タイル / 石 / ガラス等が考えられますが、各材料の中にも表面のテクスチャー、色、性能等が異なりますのでさらに細かい検討が必要です。金属やガラスの場合は必然的にメタルカーテンウォールになりますが、タイルの場合はPCカーテンウォールに打ち込むことになります。

カーテンウォールの形式

仕上げと共に建物のデザインに最も関わるのがカーテンウォールの形式です。

メタルカーテンウォールの場合は方立方式とパネル方式があり、PCカーテンウォールの場合にはパネル方式のみとなります。建物の表情を決定するデザイン上重要な項目です。

コスト設計

カーテンウォールのコストは、これまで述べたカーテンウォールの選定と使用材料、仕上げ材それに性能によって決定します。また、オーダーメイドかスタンダードかでも異なります。これらを考慮した上で、実現できるデザインや性能に対して適切なコストを検討することが必要です。

カーテンウォール選定に際しては、これまで述べてきたような様々な選択肢の中から主に下記の３つの項目を総合的に検討する必要があります。

1）建物のデザインを満足するための形と材料
2）建物の性能を満足するための設計条件
3）生産・施工条件に配慮したコスト設計

ガラスの選定

一般にカーテンウォールの開口部には、採光や室外への眺望等の目的でガラスが採用されていますが、ガラスは破損した場合危険な材料であるので、安全上詳細な検討が必要です。ガラスの選定は、設計者が行います。

ガラスはその種類と大きさによって、求められる性能上必要な厚みが決まります。

ガラスの耐風圧強度に関しては、建設省告示第1458号により、次式で計算します。

４辺支持のガラスの強度計算

ガラスの許容耐力Pが、風圧力Wを超えないこと。

単板ガラス及び合わせガラス

$$P = 300\,K_1\,K_2\,\frac{[t + (t^2/4)]}{A}$$

P ：ガラスの許容耐力(N/m²)
A ：ガラスの見付面積(m²)
t ：ガラスの呼び厚さ(ミリ)

注１）板厚tの解釈は、下記による。合わせガラスの場合、中間膜を除いた各ガラスの合計値。複層ガラスの場合、構成する各ガラスの厚さ。

■K_1;ガラスの種類に応じて決まる以下に掲げる数値

ガラスの種類		K_1
普通板ガラス		1
磨き板ガラス		0.8
フロートガラス	t≦8mm	1
	8＜t≦12mm	0.9
	12＜t≦20mm	0.8
	20mm＜t	0.75
倍強度ガラス		2
強化ガラス		3.5
網入、線入り磨きガラス		0.8
網入、線入り型板ガラス		0.6
型板ガラス		0.6
色焼付ガラス		2

注２）合わせガラスのK1の解釈は下記による。合わせガラスの場合、ガラスの合計厚さに対応した単板ガラスの数値もしくは構成する各ガラスのK1の内、小さい方の数値とする。

■K_2;ガラスの構成に応じて決まる以下に掲げる数値

ガラスの構成	K_2
単板ガラス	1
合わせガラス	0.75
複層ガラス	$0.75(1+r^3)$

注３）複層ガラスのrは、下記による。r;Pを計算しようとするガラスに対して対抗するガラスの厚さの割合とする。（2を超える場合はr=2とする。）

しかし、最近はガラスメーカーのカタログにより詳細な事柄が書かれており、これをもとにガラスを選定することが多いようです。ガラスの支持材や層間変位の追従性能については、カーテンウォールメーカーと共に設計者が検討することになります。

8. メタルカーテンウォールの面構成材設計

メーカーでの詳細設計

外壁の持つ複雑な機能や性能、意匠に対して、与えられた設計条件のもとで詳細設計がカーテンウォールメーカーで行われます。要求される意匠・性能が総合的に検討されますが、おおまかな流れとしてはフロー図のようなものになります。構成部分の設計順序として先ず標準部の設計、それからコーナー部や上下端部の役物とよばれる特殊部の設計を行います。スタンダードカーテンウォールの場合は、標準部の設計が比較的簡単になります。

詳細設計の条件は、設計・製造・施工の三つの分野から出されます。

設計面では、意匠と性能の両面から要求が出されます。とくに部材の割付けや寸法、使用材料については意匠にかかわる重要なポイントとなります。性能的には、耐風圧性能、層間変位追従性能、水密・気密性能などが指定されます。

製造面からは、工場の製造技術、製造設備、生産能力を前提にした設計が求められます。特に最大部材寸法や製品の納期などは大きな制約となります。

施工面では、建築物の立地条件や工法等、その建物固有の施工条件に基づく要求を反映させるための工法上の条件（外部足場の有無、ユニット工法か、ノックダウン工法か）と時間的制約である工事工程条件があります。カーテンウォールの工事工程は建築の全体工程に与える影響が大きく、時として設計条件の中で最優先することもあります。

■製造面からの設計条件

面構成材の設計

設計与条件に基づき面構成材の設計を行います。設計の過程は常に、「設計者の意図するデザインと品質・性能の実現」および「工事工程の厳守」を柱に進めてゆきます。面構成材設計では、デザイン上の要求にそって各部材の概略形状を決め、その上で各性能を詳細に検討し、最終形状を決定します。ここで、性能の中でも最も重要な一つである耐風圧（性能）に対するノックダウン方立タイプの設計手順を例として示します。

①まず構造モデルを決定します。
②設計仕様または建築基準法を基に風圧力の計算を行います。
③使用部材の許容応力度、許容たわみ（率）の確認をします。
④方立、横材への風荷重分布を仮定します。
⑤各部材の必要断面性能を計算します。
⑥意匠、他の性能、製造条件、施工条件などを考慮しながら、各部材の断面形状を仮定します。
⑦⑥で仮定した断面形状の性能を計算します。
⑧応力（度）、たわみ（率）を計算し、許容応力（度）、許容たわみ（率）以内であることを確認します。
⑨ファスナー部（ファスナー本体、接合ボルト、溶接強度）の計算をします。

このように、風荷重に対して構造上の安全が確認された仮想断面は、他の性能面や機能面からの詳細な検討が加えられ完成します。

■製造面からの設計条件

	メーカーの内部条件として制約される
供給能力の問題	設備の規模による断面サイズ、長さ、幅等の質的制約
	工事工程に合わせた量的生産規模の制約
技術水準の問題	要求デザインと現代技術水準のギャップ

■施工面からの設計条件例

プロジェクト（現場）固有の条件でゼネコン（の現場）から要求される
1. 積層工法等建築全体の工法に係わるもの。
2. 外部足場の有無による取付工法の選択
3. ユニット工法の指定（例：工場でのガラス組み込み）
4. 他の職種との共同作業の指定
5. 未完成部分として残す部分（駄目残し部分）の指定
6. 新工法（ゼネコンの開発したもの等）の指定

■部材設計例

ガラスの支持

主要な部材の断面を決めるときは、面構成材であるガラスの支持方法も検討しなければなりません。ここでは主に風圧と層間変位に対する検討を行います。風圧に対するガラスそのものの強度については、設計者が検討済みですので、ここではガラスの支持材であるフレーム、ガスケット等が風圧に対して十分な剛性を有していることを検討します。一般には、一辺の長さに対して、1/150程度以下のたわみに納まるようなフレームを使用します。また、風圧によりガラスが直接フレームに接触しないように、圧縮クリープに強いガスケット、グレージングビード、シーリング材等で支持します。さらにこれらの材料の劣化に対する安全率も考慮する必要があるでしょう。

層間変位に対しては、ガラスとフレームなどの支持材とのクリアランスを検討します。一般にガラスは支持材との直接接触を避けるため、一定のクリアランスをとって支持されるのが普通ですが、層間変位によってガラス支持材に大きな面内変形を生ずると、ガラスと支持材とのクリアランスがなくなり、直接接触を生じガラスが破損する恐れがあります。ガラスとフレーム等の支持材とのクリアランス寸法の設計式としては、J.G.Bouwkampの設計式が用いられます。

①図(a)に示すような形状のフレームに水平力が作用した場合、ガラスとフレームが接触するまでは、フレームは図(b)のようにせん断変形します。つまり、まずフレームが変形してガラスに接触し、つづいてガラスが水平移動して反対側のフレームと接触するまでの面内変形量δ_1は次式で求められます。

$$\delta_1 = C_1 + C_2$$

C_1, C_2: 左右のクリアランス

②さらに、フレームのせん断変形が増加すると、ガラスに水平力が作用しガラスが回転しはじめ、ついには図(C)のように平行四辺形に変形したフレームの短いほうの対角線とガラスの対角線とが一致します。この状態のフレームの変形量は次式で求められます。

$$\delta_2 = (\delta_1) + \frac{H}{B}(C_3 + C_4)$$

C_3, C_4: 上下のクリアランス
H：フレームの高さ寸法
B：フレームの幅寸法
δ_1, δ_2: フレームの変形量

Bouwkampの式より大きな変形が生じた場合にガラスが破損すると仮定し、δ_2をガラスが安全であるために許容されるフレームの最大変形量であるとしています。

カーテンウォールの場合は、ガラスの重量による横材(無目)の鉛直方向のたわみ量を抑えるためにセッティングブロックを端部に寄せて置く場合が多いため、安全をみてエッジクリアランス(C_4)を0として最大変位量を算出するなどの措置をとる場合もあります。

■仕切るものの名称

■用語説明

設計仕様
建築設計者が作成する仕様

グレージングビード
ガラスをサッシ枠に固定するために、その周囲全体に使うひも状の弾性成形シール材。

9. メタルカーテンウォールのファスナー部設計

ファスナーに要求される機能

カーテンウォールのファスナーは、カーテンウォール本体を建物の躯体に緊結する重要な部材です。このファスナーに要求される機能には次の三つがあります。

1）カーテンウォールの自重、地震力、風圧力を躯体に伝えるための力の伝達機能
2）躯体の層間変位および垂直方向の変形に対する追従性と、金属の温度変化による伸縮を拘束しない変形吸収機能
3）躯体誤差、製品誤差、取り付け誤差を吸収する誤差吸収機能

2）の変形吸収機能および3）の誤差吸収機能は共にファスナーに開けられたルーズホールにて吸収させる方法が一般化しています。その際、誤差吸収のためのルーズホールは、取り付け後に溶接などで動かぬように固定しますが、変形吸収のためのルーズホールは、金属同士の摩擦音が発生しないように、すべり材を介してボルト締めを行い、変位に追従するようにします。これらの複雑な要求性能に対処するために、ファスナーの機構は、1次ファスナーと、カーテンウォール本体と1次ファスナーの間にあって種々の誤差を調整するための2次ファスナー（ブラケット）とにより構成されています。

ファスナーの種類と組み合わせ

カーテンウォールのファスナーは、固定ファスナー、自重受けファスナー、可動ファスナー（上下・上下左右）があり、カーテンウォールのパネル方式と方立方式で使用されるファスナーも異なります。

パネル方式にはロッキング方式、スウェイ方式、面内変形方式があります。ロッキング方式はカーテンウォールユニットの支持端に上方向のみに可動する自重受けファスナーを採用し、下部は可動ファスナーで上下左右フリーとすることで回転により変位に追従する方式です。スウェイ方式はカーテンウォールユニットの上部を支持端に下部を左右フリーのスライド端として変位に追従する方式です。

これに対し、面内変形方式はすべてのファスナーを固定し変位に対してはカーテンウォールユニットが変形することで変位を吸収する方式です。

方立方式では方立上端を固定し、下端は可動ファスナー（上下）または下部方立に差し込みますが、層間変位や熱に対する変形は、下端の接続部によって吸収されるしくみです。

また、近年作業環境の改善を目指す建築業界においてサッシ及びカーテンウォールの取り付けも、非溶接化を要請する現場が増加しており、これはファスナーの選択に影響を与えています。

非溶接化とは、溶接作業にともなう火花やガス、粉塵などの発生がないため、火災の恐れがなくなり、現場の作業環境が改善されるものです。また、ガラス面その他の溶接時の養生も必要なくなります。その反面ファスナー部の設計が変わり、これらの部品自体のコストが増えることにもつながります。

■用語説明

すべり材
撥音や金属摩擦音を防止するために入れる材料。ファスナー部ではステンレス板やふっ素樹脂系のパッキング材を使用する。

■ファスナーの構成図

■主なファスナーの種類

名称	固定ファスナー	自重受けファスナー	可動ファスナー（上下）	可動ファスナー（上下左右）
概念図				
内容	溶接等により躯体に完全に固定します。	高さ調整ならびに自重受けを兼ねたボルトを利用して、パネル方式のロッキング方式では上方向に可動し、方立方式では回転支持できるようにして、層間変位を吸収します。	ファスナー部でスライドできるようにボルト締めとし、スライドすべき部分にステンレス板やフッ素樹脂系の滑り材をはさみ込み、スライドできるようにします。左右方向を固定するために、ファスナー横ルーズホール部のワッシャーは溶接固定を行います。	ファスナー部でスライドできるようにボルト締めとし、スライドすべき部分にステンレス板やフッ素樹脂系の滑り材をはさみ込み、スライドできるようにします。左右方向のスライドも可能とするために、ファスナー横ルーズホール部のワッシャーはすべり材付きワッシャーとします。

10. メタルカーテンウォールの接合部設計

カーテンウォールは、工場で生産された部材やユニットを建築現場で構造体の外側に、それぞれをつなぎ合わせながら取り付けて初めて完成されます。したがってその部材なりユニットの数が多ければ、その接合部の数は増えることとなります。この様な接合部を一般には目地とかジョイントと呼んでいます。比較的小さい物で面積の広い建物の外壁を覆うわけですから接合部が多数発生するのはやむをえないのですが、カーテンウォールが保持すべき性能から考えるとその数はできるだけ少ない方が好ましいわけです。接合部に要求される主な機能は次の通りです。

1. 雨水が浸入しないような機構を有すること。
2. 層間変位や熱伸縮などにより生ずる変形を吸収しうること。
3. 部材の製作および取り付け誤差を調整できること。

これらを考慮して接合部の雨仕舞いの機構、目地幅寸法、シール材などを十分検討します。

雨仕舞いの機構

カーテンウォールは多数の部材より構成されているため、部材間の接合部が多くなることから、この目地部からの漏水を防ぐことが重要となります。一般に漏水を生じさせる要因と対策は、下表のようなものがあります。カーテンウォールの接合部における考え方としては、フィルドジョイント方式とオープンジョイント方式があります。

フィルドジョイント方式は接合部に不定形シール材などを充てんして完全に密閉する方式です。現在一般的なのは、2重シール方式で、これは図のように外側の1次シールが切れても、内側の2次シールが水の浸入を確実に防ぐものです。ここではシール材の種類によってその変形率を求めてシール幅を検討することと、排水経路を確保することが要点となります。特に排水口からの逆流や、これらがつまらない工夫などが必要となります。

オープンジョイント方式とは、接合部を外気に解放することによって内外の気圧差をなくし、水の浸入を防ぐもので、等圧工法とも呼ばれています。この方式では外側に外気導入口を設けて空気を導入し、内側に気密材を用いて気密性を持たせます。外側のすき間からの雨水の浸入に対しては、水切りなどを設けて対処します。

オープンジョイントによる場合は、まず等圧空間を作るために必要な外気導入口の大きさを計算で求めます。これにはカーテンウォールメーカーごとに実績に基づく計算方法が用意されています。耐久性などを考えるとオープンジョイント方式が優れているといわれますが、フィルドジョイントと比べてイニシャルコストが高くなります。

■フィルドジョイントの機構

■オープンジョイントの機構

■等圧カーテンウォールの例

■雨水浸入機構と対策

雨水浸入の機構			対策	
重力	目地内に下方に向かう経路があると雨水はその自重で浸入する。		目地内の傾斜を上向きにする。水返し高さの高い立ち上がりを設ける。	上向きこう配　水返し
表面張力	表面を伝わって目地内部へ回り込む。		水切りを設ける。	水切り
毛細管現象	小さなすき間には奥へ水を吸収する力が働き浸入する。		目地奥に広いエアポケット空間を設ける。すき間間隔を広くする。	エアポケット　広いすき間
運動エネルギー	風速等によって水滴がもっている運動エネルギーによりすき間内部まで浸入する。		運動エネルギーを消耗させるため迷路を設ける。	迷路
気圧差	建物の内外に生ずる気圧差が起こす空気の移動とともに雨水が浸入する。		外部と目地内の気圧の差を無くす。	

■用語説明

雨仕舞い
雨水が建物の中に浸入したり、漏ったりするのを防ぐこと。

イニシャルコスト
最初にかかる費用のこと。

11. カーテンウォールの製作・施工工程

カーテンウォールの構成方法は、ノックダウンタイプとユニットタイプに大別されます。ノックダウンタイプは組み立て式になっている製品で、工場での作業期間が短縮され、輸送の便宜を図ることができます。ユニットタイプは、1ユニットをほぼ完成品の状態で出荷します。ガラスや耐火ボードなどを工場取り付けとするため、ノックダウンタイプに比べ出荷までの期間が長くなりますが、施工期間の短縮や省力化が図れるという利点があります。

ノックダウンカーテンウォール

ユニタイズドカーテンウォール

1. 試験装置の特長

自然環境の正確なシミュレーションを可能にする大型試験装置

F型層間変位試験装置

圧力チャンバー

L型層間変位試験装置

最大風圧± 15kpa（± 1530kgf/m²）の耐風圧試験

動風圧・層間変位試験装置は、最大風圧±15kpa（±1530kgf/m²）という国内最大級の規模を誇ります。これにより、従来国外の試験装置に頼らざるを得なかった、高い耐風圧試験が可能です。

多様な試験項目

従来の耐風圧・気密・水密・面内変位試験に加え、横耐風圧試験・水膜試験・霧状噴霧試験・局部風雨試験・面外変位試験・“く”の字変位試験・上向変位試験・二次元変位試験・風揺れ試験・日射試験といった多様な試験が可能です。

F 型・L 型 -2 種類の大型試験装置

試験装置は、F型（フラット型）・L型（コーナー型）の2種類です。試験体の最大寸法はF型-W10m×H13m、L型-W8.6m×H13m×D3.6mで、実物大のカーテンウォールを実際の設計・施工条件に準じて取り付け、各種の性能試験を行うことが可能です。また、試験体最大重量はF型-15ton、L型-40tonで、PCカーテンウォール等の大型重量物の試験も可能です。

最大風速 60m/sec の暴風雨試験装置

試験体に水、風を直接吹き付ける方式です。風の脈動に合わせた風速や水量の調整も可能で、現実の風雨条件に近い状況での試験が可能です。

天候に左右されない屋内試験装置

屋内に設置した試験装置ですので、試験体を取り付けるための各種施工や試験の実施が、天候に左右されずに行えます。このため確実なスケジュールの提示が可能です。

カーテンウォール試験センターはISO/IEC 17025[※1]試験所認定（認定番号68880）を2010年12月1日付けで取得し、第三者試験機関と同等の能力を有する試験所として認められました。
認定マークを表示した当社の試験報告書は、第三者試験機関（（一財）建材試験センター、（一財）日本建築総合試験所、（一財）ベターリビングなど）から発行される試験成績書と同等の扱いとなり、公的試験データの提出を求められた場合も有効です。
また、認証機関であるPJLAはILAC-MRA[※2]（相互承認協定）の認定を取得しており、当社の試験センターは国際的にも第三者試験機関の位置付けとなります。

※1 ISO/IEC 17025とは、試験所の能力に関する一般要求事項を規定した国際規格です。
※2 相互承認協定 (Mutual Recognition Arrangement, MRA)とは、国の間で基準や手続が異なる場合でも、輸出国側の政府が指定した第三者機関が輸入国側の基準および適合性評価手続に基づき適合性評価を行った場合に、輸入国側がその評価結果に対して輸入国内で実施した適合性評価と同等の保証を与えることについて、お互いに受け入れることを取り決めた協定です。

ベリージョンソン ラボラトリー
アクレディテーション インク

認　定　証

ベリージョンソン ラボラトリーアクレディテーション インクは、
下記の試験所を審査しました。

不二サッシ株式会社 技術本部
試験研究センター/カーテンウォール試験センター
〒290-0067　千葉県市原市八幡海岸通 13

ここに本試験所が、以下の規格および共通所定書に基づき、認定されたことを証します。

ISO/IEC 17025:2017

本認定は、以下の範囲及び試験所品質マネジメントシステムの適宜に応じた技術的能力を実証するものとします。(2017年4月発行ISO-IAC-MRA共用ラミュニケに準ずる)

建具の耐風圧性・気密性・水密性・開閉力・戸先かまち強さ・疲労性・耐熱性・開閉繰返し試験、及び、カーテンウォールの耐風圧性・気密性・水密性・耐震性試験
(別紙は付属書に記載)

上記試験及び/又は校正サービスに対する認定書は本認定証の下で発行された技術的かつ有効であるとする。本認定は、上記試験の実施を要求するシステム規定に従い発行され、技術上その規定を遵守し、技術的能力を維持し要求することを示唆するものである。

PJLA

Perry Johnson Laboratory
Accreditation, Inc. (PJLA)
755 W. Big Beaver Rd., Suite 1525
Troy, Michigan 48084

認定証

認　定　証　付　属　書

不二サッシ株式会社 技術本部
試験研究センター/カーテンウォール試験センター
〒290-0067　千葉県市原市八幡海岸通 13
電話　電話　Tel:0436-41-0931

本認定は、上記試験の実施する下記試験について適用する。

試験分野	試験されたもの、材料、製品	試験の内容または測定された項目	適用された方法、規格、仕様	測定された范囲及びその測定能力
機械的試験	建具	耐圧力	JIS A 1515(耐風圧)	2,500 N
		気密性	JIS A 1516(気密性)	150 L/s/m
		水密性	JIS A 1517(水密性)	0 Pa
		繰返し特性	JIS A 1515(耐風圧性)	最大2,125 kPa
		戸先かまち強さ	JIS A 1522(戸先かまち強さ) (1)曲げ 「熱間試験室管理書(QAT-002)」	2,400 N
	カーテンウォール	気密性	JIS A 1516(気密性)	150 L/s/m
		水密性	JIS A 1517(水密性)	0 Pa
		繰返し特性	JIS A 1515(耐風圧性)	最大2,125 kPa
		耐震性	カーテンウォール性能基準 (一般社団法人カーテンウォール協会)第1部(耐震性)に基づく「カーテンウォール性能試験管理書(QAT-004)」	層間変位 ±150 mm
	建具	耐熱性	JIS A 4710(建具用ガラス)に基づく 「熱間試験室管理書(QAT-006)」	最大熱量 900 W
		疲労性	JIS A 1515(耐風圧性)に基づく 「疲労試験管理書(QAT-005)」	疲労繰返回数 ±150 mm 2,000 回～5,000 回
		開閉繰返し	JIS A 1515(耐風圧性) 「動圧試験管理書(QAT-003)」	・ガラスの繰返し 開閉 2,200 回 ・ドアセットの繰返し 開閉 2,200 回 ・動圧測定下限値 0.1 mm

1. 上記の文字「P」は、試験所が認定された印書であるJPLAマークの試験と組合せることを意味している。
(例: "Sample Statement" は、試験所が認定された印書であるJPLAマークの試験と組合せることを明確にしている。)

2014年12月発行　　本写真中は、認定証番号L20-014の新認定を確認するものである。　　以上

認定証付属書

カーテンウォール認定範囲（カーテンウォール試験センター）

試験項目	適用される基準・方法
気密性（※3）	JIS A 1516（気密性）
水密性（※4）	JIS A 1517（水密性）
耐風圧性（※5）	JIS A 1515（耐風圧性）
耐震性（※6）	カーテンウォール性能基準（JCMA）

※3～※6の試験内容は、P.248をご参照願います。

2. 動風圧試験／層間変位試験

F型 L型 は、使用する試験装置を表します。
オーダー は、従来の一般的な試験内容以外に、要望に応じて行う試験内容です。

・・・・試験体
・・・・正風圧
・・・・負風圧
・・・・散水

動風圧試験

F型 L型

1 耐風圧試験

正・負圧大型送風機を使用し、圧力制御により、試験体に静的な風圧力、脈動圧などを載荷して耐風圧性を確認する。

オーダー L型

2 横耐風圧試験

試験体の正面に正風圧が載荷されたとき、側面（L部）に逆の風圧がかかる。このような風圧を試験体に同時に載荷させて行う耐風圧試験。

F型 L型

3 気密試験

試験体の内外に圧力差を生じたときの空気の漏れ量を測定し、気密性を確認する。

F型 L型

4 水密試験

試験体の全面に所定の水量を散水、同時に風圧量を載荷し、水密性を確認する。

オーダー F型 L型

5 水膜試験

試験体最上部より全幅にわたり散水を行い、高層建築の壁面に雨水が流れ落ちる状態の水膜をともなったもとで水密性を確認する。

オーダー F型 L型

6 霧状噴霧試験

試験体の表面を細かい霧状の水滴で覆うことにより、水密性を確認する。

オーダー F型 L型

7 局部風雨試験

試験体のオープンジョイント等に高速の風と水を直接負荷させ、水密性を確認する。

層間変位試験

F型 L型

1 面内変位試験

試験体の面内方向へ仮想スラブを変位させ、面内方向への揺れに対する変形試験を行う。

オーダー F型 L型

2 面外変位試験

試験体の面外方向へ仮想スラブを変位させ、面外方向への揺れに対する変形試験を行う。

オーダー F型

3 面内くの字変位試験

試験体の面内方向へ仮想スラブの１つを固定し、他の仮想スラブを同方向へ変位させ、くの字のような曲折変位を与え、変形試験を行う。

オーダー F型

4 面外くの字変位試験

試験体の面外方向へ仮想スラブの１つを固定し、他の仮想スラブを同方向へ変位させ、くの字のような曲折変位を与え、変形試験を行う。

オーダー F型

5 上方向変位試験

試験体を取り付けた下から２番目の仮想スラブを上方向へ変位させ、変形試験を行う。

オーダー F型 L型

6 二次元変位試験

試験体の内面、面外方向へ同時に仮想スラブを変位させ、面内外方向への揺れに対する変形試験を行う。

オーダー F型 L型

7 風揺れ試験

試験体に脈動風圧と動的面内変位を同時に与え、変形試験を行う。

3. 暴風雨試験／日射試験

暴風雨試験

オーダー

風洞型試験で試験体に風や水を直接負荷させ、耐風圧性、水密性を確認する。

移動範囲は P.251 ページをご参照ください。

日射試験

試験体に赤外線ランプを照射し、温度上昇による変形試験を行う。

4. 系統図

1 F 型層間変位試験装置

2 圧力チャンバー

3 日射試験装置

4 L 型層間変位試験装置

操作室

5 暴風雨試験装置

6 機械室

圧力チャンバー後方

5. 装置性能仕様

項目	装置	F型(フラット型)		L型(コーナー型)	
試験体	寸法(mm)	W10,000×H13,080		W8,600×H13,080×D3,600	
	見込(mm)	常用250～300　最小200　最大1,000		常用250～300　最小200　最大1,000	
	重量	最大15ton(3層)		最大40ton(3層)	
風圧	常用	±12kPa(1,224kgf/m²)		±12kPa(1,224kgf/m²)	
	最大	±15kPa(1,530kgf/m²)		±15kPa(1,530kgf/m²)	
水密	散水	2～10ℓ/m²・min		2～10ℓ/m²・min	
	水膜	20～40ℓ/m・min		20～40ℓ/m・min	
	霧状	約4ℓ/m²・min(200～400μ)		約4ℓ/m²・min(200～400μ)	
層間変位	方式	仮想スラブ独立駆動		球面ジョイントピン駆動	
	面内	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/150=±80mm	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/150=±80mm
	面外	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/150=±80mm	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/150=±80mm
	面内・面外くの字	静的 h/80=±50mm	動的(0.5Hz) h/150=±27mm		
	上向	W/200=50mm			
	二次	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/300=±40mm	静的 H/80=±150mm	動的(0.5Hz) H/300=±40mm
	風揺	最大風圧 ±2.5kPa(255kgf/m²)	動的面内 H/240=±50mm	最大風圧 ±2.5kPa(255kgf/m²)	動的面内 H/240=±50mm
局部風雨	寸法(mm)	角型 W1,200×H 60	丸形 φ300	角型 W1,200×H 60	丸形 φ300
	風速	30m/sec	30m/sec	30m/sec	30m/sec
	散水量	10ℓ/m²・min	10ℓ/m²・min	10ℓ/m²・min	10ℓ/m²・min
日射	面積	W4,500×H3,750(6体分)(W2,250×H1,250単体)			
	熱量	平均1,046±35W/m²(平均900±30kcal/m²・hr)			
暴風雨	寸法	ターンテーブル：φ2,000mm　移動範囲：X、Y、Z軸　±1,000mm			
	風速等	最大：60m/sec　吹き出し口径：φ600mm　角度：P軸－30°～＋90°　(可変)			
	散水量	2～10ℓ/m²・min			

標準試験日程例

各性能試験日は、下記の通り。
● 33 日目：水密（初期）、耐風圧、水密（耐風圧履歴後）● 37 日目：層間変位追従（H/300）、水密（層間変位履歴後）● 43 日目層間変位追従（最大）